

Requested Patent: JP6095353A

Title: FORMATION OF PATTERN BY USING PHASE SHIFT MASK ;

Abstracted Patent: JP6095353 ;

Publication Date: 1994-04-08 ;

Inventor(s): SHIMIZU HIDEO ;

Applicant(s): SONY CORP ;

Application Number: JP19910211473 19910729 ;

Priority Number(s): ;

IPC Classification: G03F1/08 ; G03F7/20 ; H01L21/027 ;

Equivalents: JP3163666B2, KR239813

**ABSTRACT:**

**PURPOSE:** To provide the method for formation of patterns using a phase shift mask which is applicable even to the patterns with which the application of a phase shift technique is heretofore not possible, allows the application to the patterns with which the disposition of sub-patterns as phase shift parts is heretofore not possible and can form the high-resolution patterns regardless of pattern shapes.

**CONSTITUTION:** Exposure is executed at least twice in this method. The exposure of either one time is the exposure using the phase shift mask and the exposure of at least the other one time is the exposure for compensating the light quantity in the phase shift boundary part (the part at the phase boundary of patterns P3 where the light quantity is insufficient) of the phase shift mask. This method for formation of the patterns forms the patterns of

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-95353

(43) 公開日 平成6年(1994)4月8日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08		A 7369-2H		
7/20	5 2 1	9122-2H		
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/30	3 0 1 P
		7352-4M		3 0 1 C

審査請求 未請求 請求項の数2(全10頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平3-211473

(22) 出願日 平成3年(1991)7月29日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 清水 秀夫

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 弁理士 高月 亨

(54) 【発明の名称】 位相シフトマスクを用いたパターン形成方法

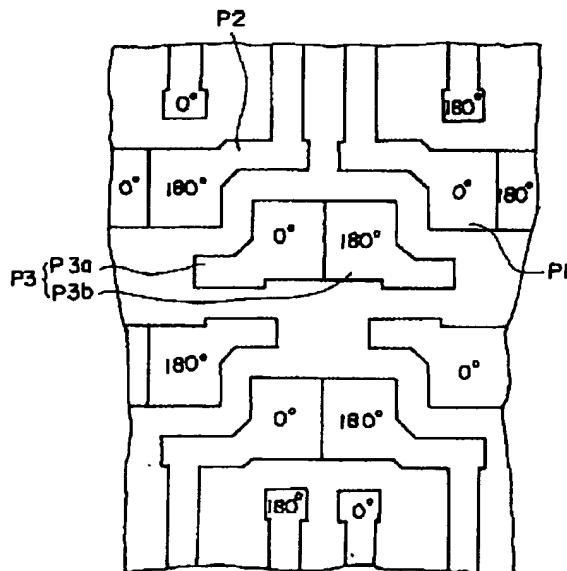
(57) 【要約】 (修正有)

【目的】従来は位相シフト技術を適用できなかったパターンにも適用可能で、かつ、位相シフト部としてのサブパターンの配置ができなかったパターンへの応用も可能であり、よってパターン形状に拘らず高解像度パターンを得ることができる、位相シフトマスクを用いたパターン形成方法を提供するものである。

【構成】①少なくとも2回の露光を行い、いずれか1回の露光は位相シフトマスクを用いた露光であり、少なくとも他のいずれか1回の露光は上記位相シフトマスクの位相シフト境界部の光量補償の露光であることを特徴とする、位相シフトマスクを用いたパターン形成方法。

②基板上でのパターン間距離が $2.4 \times \lambda / \text{NA}$ 以下であるパターンを位相シフトマスクを用いて形成するパターン形成方法であって、少なくとも2回の露光のいずれか1回の露光は位相シフトマスクを用いた露光であることを特徴とする位相シフトマスクを用いた露光方法。

実施例1の位相シフトマスク



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】第1、第2の少なくとも2回の露光を行い、少なくともいずれか1回の露光は位相シフトマスクを用いた露光であり、少なくとも他のいずれか1回の露光は上記位相シフトマスクの位相シフト境界部の光量補償の露光であることを特徴とする、位相シフトマスクを用いたパターン形成方法。

【請求項2】基板上でのパターン間距離が $2.4 \times \lambda / \text{NA}$ 以下であるパターンを位相シフトマスクを用いて形成するパターン形成方法であって、

第1、第2の少なくとも2回の露光を行い、少なくともいずれか1回の露光は位相シフトマスクを用いた露光であることを特徴とする位相シフトマスクを用いた露光方法。（但し $\lambda$ ：露光光の波長、NA：露光機の開口数）

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本出願の各発明は、位相シフトマスクを用いたパターン形成方法に関する。本出願の各発明は、各種のパターン形成技術として利用することができ、例えば半導体装置製造プロセスにおいてレジストパターン等の各種パターンを形成する場合に利用することができる。

## 【0002】

【従来の技術】フォトマスクを利用してパターンを形成するもの、例えば半導体装置等は、その加工寸法が年々微細化される傾向にある。このような背景で、微細化した半導体装置を得るフォトリソグラフィの技術において、その解像度を更に向上させるため、マスクを透過する光に位相差を与え、これにより光強度プロファイルを改善するいわゆる位相シフト技術が脚光を浴びている。

【0003】従来の位相シフト技術については、特開昭58-173744号公報や、MARC D. LEVENSON 他“Improving Resolution in Photolithography with a Phase-Shifting Mask” IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, Vol. ED-29 No. 12, DECEMBER 1982, P1828~1836、また、MARC D. LEVENSON 他“The Phase-Shifting Mask II: Imaging Simulations and Submicrometer Resist Exposures” 同誌 Vol. ED-31, No. 6, JUNE 1984, P753~763に記載がある。

【0004】また、特公昭62-50811号には、透明部と不透明部とで形成された所定のパターンを有し、不透明部をはさむ両側の透明部の少なくとも一方に位相部材を設け、該両側の透明部に位相差を生ずる構成とした位相シフトマスクが開示されている。

【0005】従来より知られている位相シフト技術につ

2

いて、図18を利用して説明すると、次のとおりである。例えばライン・アンド・スペースのパターン形成を行う場合、通常の従来のマスクは、図18(a)に示すように、石英基板等の透明基板1上に、Cr(クロム)やその他金属、金属酸化物などの遮光性の材料を用いて遮光部10を形成し、これによりライン・アンド・スペースの繰り返しパターンを形成して、露光用マスクとしている。この露光用マスクを透過した光の強度分布は、図18(a)に符号A1で示すように、理想的には遮光部10のところではゼロで、他の部分(透過部12a, 12b)では透過する。1つの透過部12aについて考えると、被露光材に与えられる透過光は、光の回折などにより、図18(a)にA2で示す如く、両側の裾に小山状の極大をもつ光強度分布になる。透過部12bの方の透過光A2'は、一点鎖線で示した。各透過部12a, 12bからの光を合わせると、A3に示すように光強度分布はシャープさを失い、光の回折による像のぼけが生じ、結局、シャープな露光は達成できなくなる。これに対し、上記繰り返しパターンの光の透過部12a, 12bの上に、1つおきに図18(b)に示すように位相シフト部11a(シフターと称される。SiO<sub>2</sub>やレジストなどの材料が用いられる)を設けると、光の回折による像のぼけが位相の反転によって打ち消され、シャープな像が転写され、解像力や焦点裕度が改善される。即ち、図18(b)に示す如く、一方の透過部12aに位相シフト部11aが形成されると、それが例えば180°の位相シフトを与えるものであれば、該位相シフト部11aを通った光は符号B1で示すように反転する。それに隣合う透過部12bからの光は位相シフト部11aを通らないので、かかる反転は生じない。被露光材に与えられる光は、互いに反転した光が、その光強度分布の裾において図にB2で示す位置で互いに打ち消し合い、結局被露光材に与えられる光の分布は図18(b)にB3で示すように、シャープな理想的な形状になる。

【0006】上記の場合、この効果を最も確実ならしめるには位相を180°反転させることが最も有利であるが、このためには、

$$D = \frac{\lambda}{2(n-1)}$$

(nは位相シフト部の屈折率、λは露光波長)なる膜厚Dで膜形成した位相シフト部11aを設ける。

【0007】なお露光によりパターン形成する場合、縮小投影するものをレティクル、1対1投影するものをマスクと称したり、あるいは原盤に相当するものをレティクル、それを複製したものをマスクと称したりすることがあるが、本発明においては、このような種々の意味におけるマスクやレティクルを総称して、マスクと称するものである。

【0008】

3

【発明が解決しようとする問題点】 上述したような、隣り合う光透過部で光の位相をシフト（理想的には  $180^\circ$  反転）させる位相シフトマスクは、空間周波数変調型（あるいはレベンソン型）と称されており、その他にも数種ある（エッジ強調型、遮光効果強調型などと称されている）位相シフトマスク法の中でも、最も解像度改善の効果が大きいものである（日経マグロウヒル社「日経マイクロデバイス」1990年7月号、108～114頁参照）。

【0009】 この型の位相シフトマスクは、解像度の向上を図る上で非常に有望な技術であるが、上述のように隣り合うパターン間の透過光に望ましくは  $180^\circ$  の位相差を与える必要があり、パターンによっては  $0^\circ$  と  $180^\circ$  の位相差の部分とうまく隣同士に配置できず、よって適用できるパターンが制限されていた。

【0010】 例えば、互いに隣り合う第1、第2のパターンP1、P2があって、更にこれら両パターンP1、P2の双方に隣り合う第3のパターンP3が存在する場合、基本通りに  $0^\circ$  と  $180^\circ$  を割り当てることができない。互いに隣り合う第1、第2のパターンP1、P2に  $0^\circ$  と  $180^\circ$  を割り当てると、両パターンP1、P2の双方に隣り合う第3のパターンP3には、  $0^\circ$  を割り当てても、  $180^\circ$  を割り当てても、いずれの場合も、第1、第2のパターンP1、P2のいずれか一方に対しては位相シフト効果を発揮できなくなるからである。

【0011】 また、コンタクトホールや孤立ラインの周囲にサブパターンを付けて、これに  $180^\circ$  の位相差を与えて解像度向上を図る技術もある。例えば図11に示すように、コンタクトホール形成用のパターン12のまわりに4本のサブパターン11を形成して、このサブパターンを  $180^\circ$  反転の位相シフト部とする。しかしこのような技術も、パターン同士が近すぎると、位相シフト部とするサブパターンを配置することができないという難点があった。

【0012】

【発明の目的】 本発明は上記した従来技術の問題点を解決して、従来は位相シフト技術を適用できなかったパターンにも適用可能で、かつ、位相シフト部としてのサブパターンの配置ができなかったパターンへの応用も可能であり、よってパターン形状に拘らず高解像度パターンを得ることができる、位相シフトマスクを用いたパターン形成方法を提供せんとするものである。

【0013】

【問題点を解決するための手段】 本出願の請求項1の発明は、第1、第2の少なくとも2回の露光を行い、少なくともいずれか1回の露光は位相シフトマスクを用いた露光であり、少なくとも他のいずれか1回の露光は上記位相シフトマスクの位相シフト境界部の光量補償の露光であることを特徴とする、位相シフトマスクを用いたパ

4

ターン形成方法であって、これにより上記目的を達成するものである。

【0014】 本出願の請求項2の発明は、基板上でのパターン間距離が  $2.4 \times \lambda / \text{NA}$  以下であるパターンを位相シフトマスクを用いて形成するパターン形成方法であって、第1、第2の少なくとも2回の露光を行い、少なくともいずれか1回の露光は位相シフトマスクを用いた露光であることを特徴とする位相シフトマスクを用いた露光方法であって、これにより上記目的を達成するものである。（但し  $\lambda$  : 露光光の波長、NA : 露光機の開口数）

請求項2の発明において、第1、第2の少なくとも2回の露光は、同形（ないしはほぼ同形）のマスクを用いて好ましく実施することができる。但し、請求項1、2のいずれの発明においても、第1、第2の少なくとも2回の露光を、互いに異なるマスクで行ってよいことは当然であり、例えば、位相シフトマスクと通常のマスクとの露光の組み合わせであってもよい。

【0015】

【作用】 本出願の請求項1の発明は、位相シフトマスクを用いた露光のみならず、この位相シフトマスクの位相シフト境界部の光量補償の露光を行う。従って、従来隣り合うパターン同士に位相反転部を交互に割りあてることがうまくできなかったパターンについても、パターンを分割して例えば  $0^\circ$  と  $180^\circ$  との位相とし、その場合  $0^\circ$  と  $180^\circ$  との境界で生じる光量不定部分については、これを補償する露光を行うようにすることができるので、全体としては良好な解像度のパターンが得られるのである。従来サブパターンを形成できなかった微細なパターンについても、同様に光量補償によって、位相シフト技術を適用することが可能となる。

【0016】 本出願の請求項2の発明によれば、同様に、2回の露光により、高解像度の位相シフト技術によるパターン形成が可能となる。請求項2の発明は、以下のような知見により得られたものである。

【0017】 図12(a)のように、2つのホールパターン12a、12b間にサブシフター（位相シフト部としたサブパターンを称する。以下同じ）11a、11bを2つ設ける場合を考える。この場合、両サブシフター11a、11bが近づきすぎると図13に符号Cで示すように中心にもう1つホールパターンが形成されてしまう。図14に符号Dで示すように影響のないところまで離す必要がある。

【0018】 この距離とサブシフター11a、11b間中央の光強度をグラフにしたものが図15である。光強度を仮に0.3とすると、 $Z = 0.2 \mu\text{m}$  となる。 $\lambda / \text{NA}$  で規格化すると  $0.35 \times \lambda / \text{NA}$  程度になる。従ってホール内の距離は最大で  $(0.85 \times \lambda / \text{NA}) \times 2 + 0.35 \times \lambda / \text{NA} + 0.35 \times \lambda / \text{NA} = 2.4 \times \lambda / \text{NA}$  ということになる。

5

【0019】一方、図12(b)に示すように2つのホールパターン12a、12b間にサブシフター11cを1つだけ設けて共有する場合を考える。一辺0.35 $\mu$ m、一辺0.30 $\mu$ mのホールパターンについて、パターン中心とシフター中心の距離を横軸に、中心とエッジの光強度を縦軸にとったグラフを作成した(図16、図17)。

【0020】これで見るとコントラストが最もとれるのは距離xが0.45 $\mu$ m前後となる。これはKrFレーザ露光でNA=0.42の場合であるが、 $\lambda$ /NAで規格化すると、1線やg線等にも適用できる。即ちコントラストが最も良くなるのは、 $\lambda$ /NAの0.65倍~0.85倍ということとなる。従って2つのホール間が1.3 $\times \lambda$ /NA以下のパターンは、2枚のマスクに分けて、2回の露光を行う必要があることになる。

【0021】上記により、いずれの場合も、2.4 $\times \lambda$ /NA以下については、2回露光が効果的であり、これにより、良好なパターン形成が可能ならしめられることがわかる。

【0022】

【実施例】以下本出願の発明の実施例について説明する。但し当然のことではあるが、本出願の発明は以下の実施例により限定されるものではない。

【0023】実施例1

本実施例は、微細化・集積化した半導体装置、特にSRAMのLOCOSパターンの形成に、請求項1の発明のパターン形成方法を応用したものである。図1に本実施例に用いる位相シフトマスクを示し、図2に、これにより形成するSRAMのLOCOSパターンの構造例を示す。このLOCOSパターンの最小線幅は0.25 $\mu$ mで、64メガビットSRAMを想定している。このような微細なパターンは、現在あるステッパー(投影露光機)の中で最も解像度の高いKrFエキシマレーザステッパーで露光しても、解像は困難である。即ち、図5は、通常法の露光技術を用い、N.A.が0.42として、KrFレーザ光(248nm)で露光した場合の光強度分布シミュレーション結果であるが、図に示すように遮光部にも光が回折によりまがり込んでいるのがわかる。しかしこのパターンは、少なくとも3つのパターンが互いに隣り合っているので、0°と180°が隣合うように分割することもできない。

【0024】これに対し、本実施例に用いる位相シフトマスクは、図1に示すように、パターンの1つを中心部で分割し、一方に180°のシフターを形成する。即ち、パターンP1、P2と、この両者に隣り合うパターンP3について、パターンP1、P2を各々0°、180°として互いに位相シフト効果をもたせるとともに、パターンP3を分割して0°、180°とするのである(各々符号P3a、P3bで示す)。但しパターンが細い部分は解像しないため、この部分は除く。このマスク

6

を使用して露光すると、図3に示すような光強度分布が得られる。パターンP3について、0°と180°の境界では光強度が0となっている。またパターンが細いため省略した部分も、当然解像しない。しかし他の部分は十分に解像する。

【0025】上記マスクを用いて、1回目の露光を行う。レジストパターン形成に利用する際には、KrFエキシマレーザ光に感光し、0.25 $\mu$ mパターンの解像が可能例えばシプレー社のネガ型化学増幅レジストであるXP-8843を用いると良い。

【0026】以上の1回目の露光を行った後、現像することなく、そのまま2回目の露光を行う。これに用いるマスクは、少なくとも図1の位相シフトマスクの位相シフト境界部の光量補償の露光を行えるものである。即ち、1回目の露光で光の当たらなかった0°と180°の境界部分、及び必要に応じパターンが細いため取り除いた部分にのみ光を当てるように形成されたマスクを用いる。ここでは図4に示す光強度分布を示すマスクを用いた。図4のM部分で、図2のM部分が露光され、解像される。これは図1のパターンP3の0°と180°との境界の光量不足の部分に対応する。同じく図4のN、L部分が図2のN、L部分に対応する。線幅は、図2の11、12で示すように、0.25 $\mu$ mだが、孤立パターンなので、この2回目露光においては、通常法の露光マスクで十分露光可能である。但し、この2回目露光に用いる2枚目のマスクについても、両サイドにサブパターンを形成して、位相シフト法を応用してもよい。本実施例においては、上記の如くにパターンを2つに分割して、2種類のマスクを作り、2度の露光を行うことによって、位相シフト法をパターン形状に拘らず応用できるようにし、しかも微細パターンの形成を可能としたものである。

【0027】本実施例によれば、1回の露光では解像しないパターンを、2つ(あるいはそれ以上)に分割して2枚のマスクを用意して複数回の露光を行うとともに、位相シフト法の適用を少なくとも一方に行うことにより、良好な解像を実現した。

【0028】なお本実施例(以下の実施例も同じ)においては、1度目と2度目の露光における正確な位置決めアライメントが必要なことは言うまでもない。また、位相シフトマスクの構造、製法には特に制限はない。例えば、石英基板上に透明導電膜(ITO等。これはEB描画の際のチャージアップ低減に効果がある)、Crの順で付けたものを、まずCrパターンを形成し、その上にSOG、レジストを順に塗布し、EB描画によりシフターパターンを形成する一般的な手法を用いることができる。

【0029】実施例2

本実施例は、特に請求項2の発明をコンタクトホールパターンの形成用露光に応用したものである。コンタクト

ホールパターンへは、図11に示したようなサブシフターを付けることにより、位相シフト法の適用が可能となる。しかし、実際のデバイスパターンでは、ホール間が接近している例も多く、適用困難なことが多い。

【0030】例えば64～256メガビットDRAMを想定した場合、図9に示す如きホールパターンが必要となる。これは基板上で、0.35 $\mu$ m角の微細パターンであり、このパターンも、KrFエキシマレーザ光ではコントラストが不十分で、解像は難しい。通常法による露光では、図10に示すような強度分布しか得られない。そこで、無理にでもサブシフターを作ると、図7のようになる。この図ではパターンが多く見にくいので、遮光体(Cr等)でなく、サブシフター(180°)を斜線で示す。それでもこのような微細コンタクトホールパターンにサブシフターを設けようとすると、配置できない部分がいくつか出てくる。このマスクを使って露光すると、図8に示すようにゆがんだ強度分布となってしまう。何よりも図7のサブシフターのいくつかは、あまりにもメインのパターンに接近しすぎており(ウェハ上で0.1 $\mu$ m、マスク上で0.5 $\mu$ m)、マスク作製の際EBの近接効果により、正確な描画ができなくなってしまう。

【0031】そこで本実施例においては、図6のような露光マスクを用いる。本例でもやはりパターンを2つに分割するのであるが、ここでは図6のパターン形状(シフターパターンを含む)の配置をもつマスクを同じものを2つ作り、これを用いて2度露光することにより、全てのホールパターンに位相シフト法を同じように適用するようにした。即ち、図8の①②③のパターンを選んで図6のマスクとし、これにより1回目の露光を行い、これと同じマスクを用いて(即ち、ずらした形で用いて)、図8の①'②'③'を露光することにより、全体として図8と同じ露光を、しかも位相シフト効果をもたせて解像度良好に達成したのである。実際の露光にはボジレジストが必要なため、0.35 $\mu$ mパターンの解像が可能なレジストとして、FH-EX(フジ写真フィルム)を使用すると良い。

【0032】

【発明の効果】 上述の如く本発明のパターン形成方法

は、従来は位相シフト技術を適用できなかったパターンの形成にも適用可能で、かつ、位相シフト部としてのサブパターンの配置ができなかったパターンへの応用も可能であり、よってパターン形状に拘らず高解像度パターンを得ることができるという効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例1に用いた位相シフトマスクの構成を示す平面図である。

【図2】 実施例1で形成すべきパターン(SRAMのL O C O Sパターン例)を示す図である。

【図3】 図1のマスクの光強度分布シミュレーション図である。

【図4】 実施例1の2回目露光に用いる2枚目のマスクの光強度シミュレーション図である。

【図5】 実施例1における対比の、通常露光法による光強度分布シミュレーション図である。

【図6】 実施例2のマスクの光強度シミュレーション図である。

【図7】 実施例2における対比の、従来の位相シフト法でサブシフターを作った例を示す図である。

【図8】 図7のパターンの光強度シミュレーション図である。

【図9】 実施例2で形成すべき基板上のコンタクトホールパターンの図である。

【図10】 実施例2における対比の、通常露光法による光強度分布シミュレーション図である。

【図11】 位相シフトマスクの従来の構造例である。

【図12】 位相シフトマスクの従来の構造例である。

【図13】 問題点を説明するための光強度分布シミュレーション図である。

【図14】 問題点を説明するための光強度分布シミュレーション図である。

【図15】 問題点を説明するための図である。

【図16】 問題点を説明するための図である。

【図17】 問題点を説明するための図である。

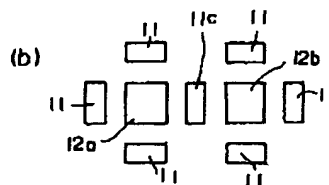
【図18】 位相シフトマスクの原理説明図である。

【符号の説明】

N, M, L 光を補償すべき部分

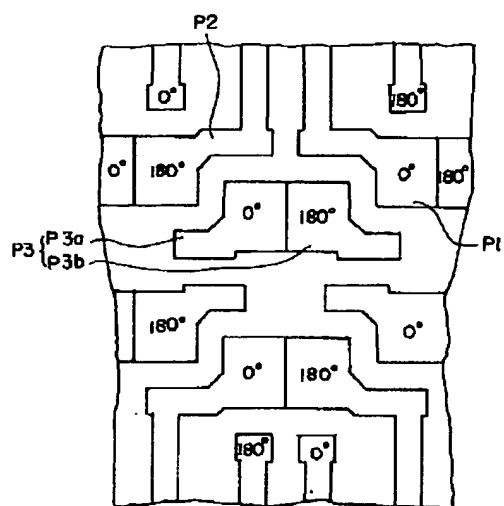
P1, P2, P3 パターン

【図12】

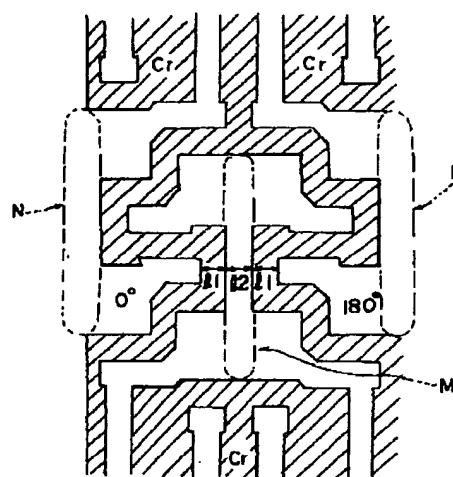


【図1】

実施例1の位相シフトマスク



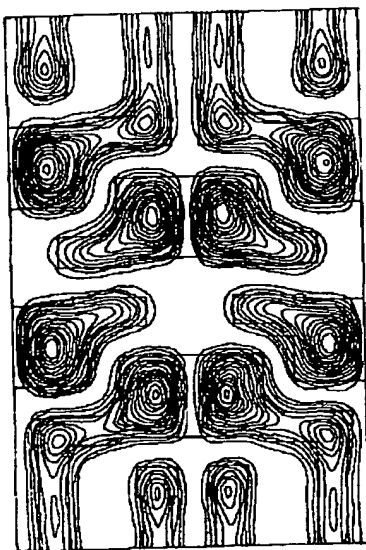
【図2】

実施例1のパターン  
(SRAMのLOCOSパターン例)

$$l_1 = l_2 = 0.25 \mu\text{m}$$

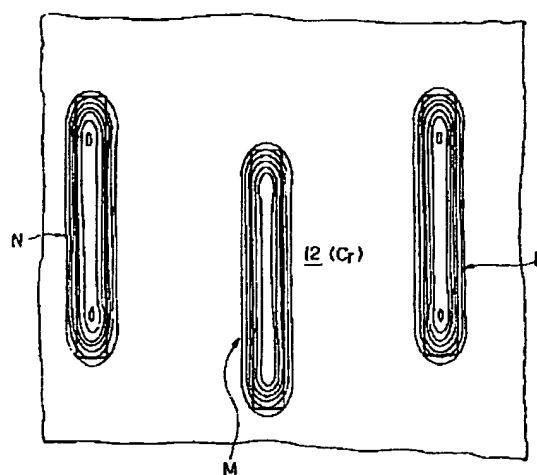
【図3】

図1のマスクの光強度分布(シミュレーション)



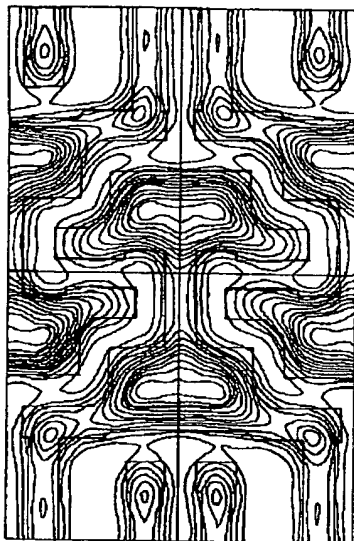
【図4】

2枚目のマスクの光強度分布シミュレーション



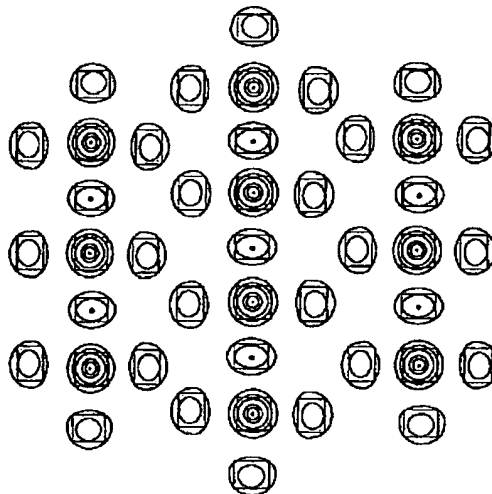
【図5】

通常法による露光の光強度分布シミュレーション



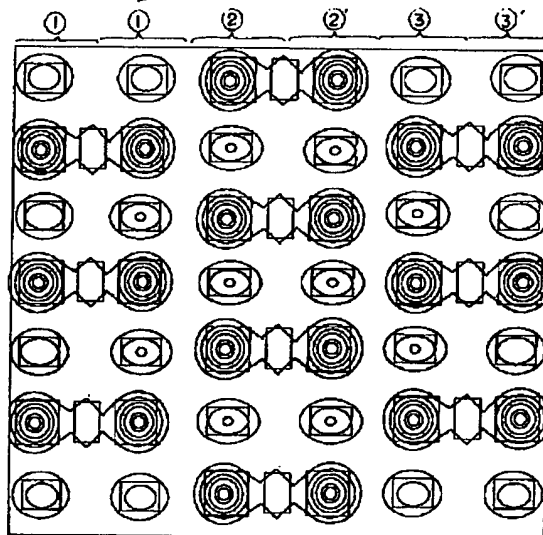
【図6】

実施例2のマスクの光強度分布シミュレーション



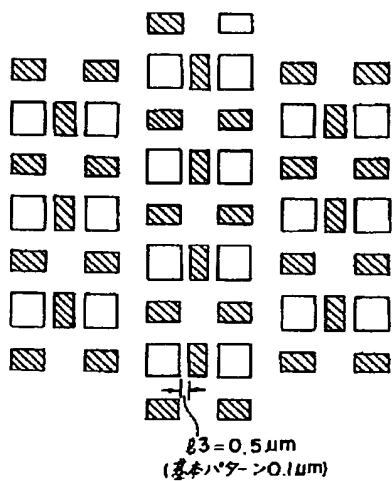
【図8】

図7のパターンの光強度分布シミュレーション



【図7】

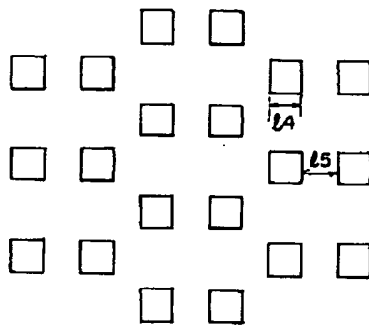
露光の位相シフト法で「アッパ」を作った例





【図9】

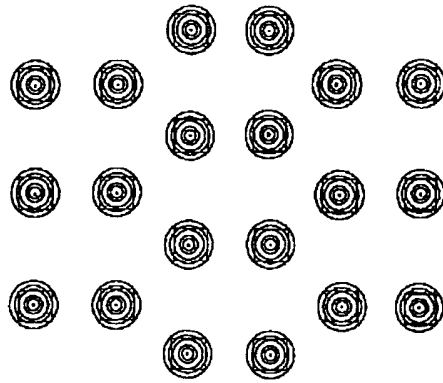
基礎エレクトロドホールのパターン



$l4 = 0.35 \mu m$   
 $l5 = 0.4 \mu m$

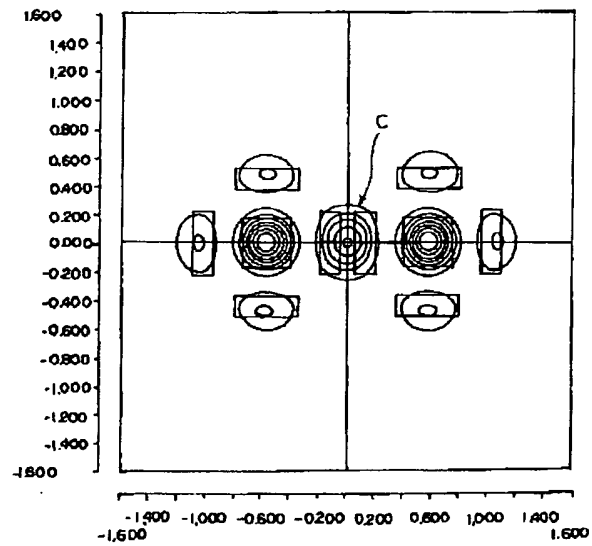
【図10】

通常法による露光(強度分布シミュレーション)



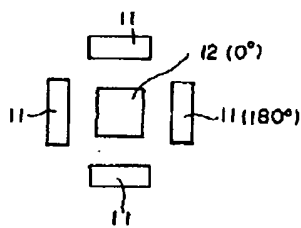
【図13】

光強度分布シミュレーション図

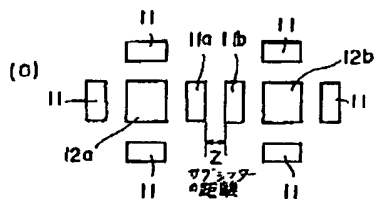


【図11】

位相シフトマスクの構成例

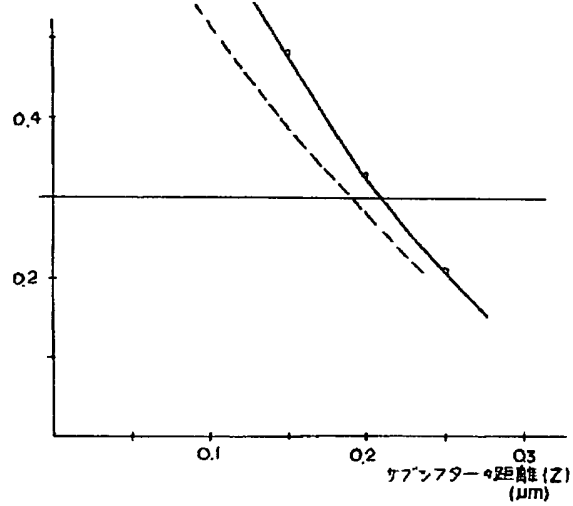


位相シフトマスク構造例



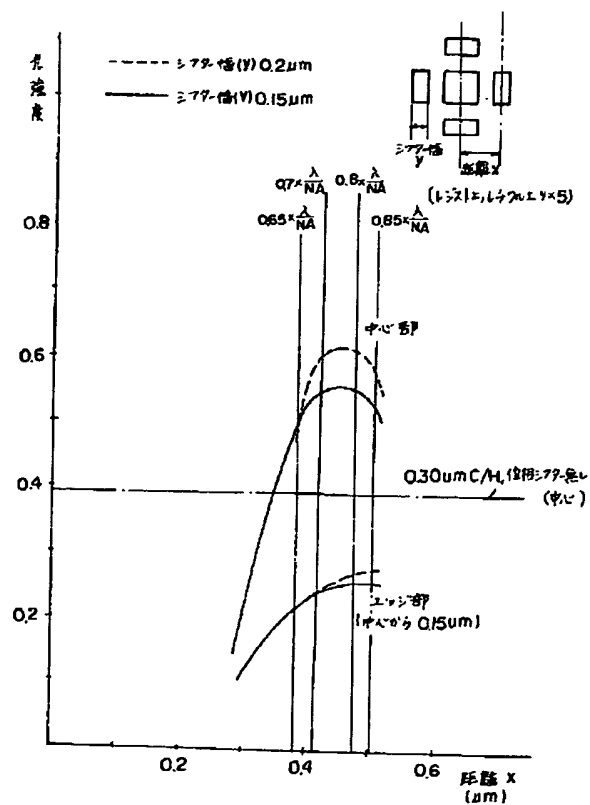
【図 15】

サブシフターとの距離とシフター間中央の充強度の関係.



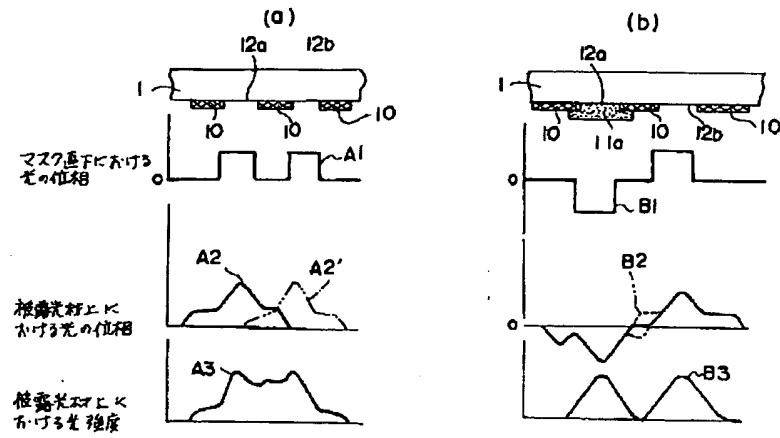
【图 17】

KrF(248nm)露光・光強度計算結果



【図18】

## 位相シフトマスクの原理



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号  
7352-4M

F I

H 0 1 L 21/30

技術表示箇所

3 1 1 W